

« Mutations technologiques des systèmes d'attache des rails ferroviaires :  
une nécessaire modernisation pour une adaptation aux évolutions du marché »

Ludovic Laloux  
(chargé de cours – Université de Lille III)

Au XVI<sup>e</sup> siècle, l'exploitation minière s'effectue grâce à des rails en bois. En 1738, à Whitehaven en Grande-Bretagne, des plaques de fonte fixées sur ces derniers leur assurent une plus grande longévité. Dans ce même pays, en 1763, Richard Reynolds dote la mine de Coalbrook des premiers rails en fonte. Il faut attendre 1810 pour que les rails en fer s'imposent par rapport à ceux en fonte. En 1857, le britannique Robert Mushet produit les premiers rails d'acier. La recherche d'un accroissement de la durée de vie des matériaux utilisés guide ces changements successifs. La fixation des rails ferroviaires sur les traverses évolue également. Ces mutations technologiques visent à améliorer la qualité du transport. Tout en tenant compte de considérations financières, elles veillent aussi à offrir une plus grande efficacité lors de la pose et au moment de la maintenance des voies ferrées. Au XIX<sup>e</sup> siècle et jusqu'au milieu de l'entre-deux-guerres, s'imposent les traverses de bois sur lesquels les rails se trouvent fixés par des tire-fonds. Ces traverses rencontrent ensuite la concurrence de celles en béton qui finissent par remporter cette compétition au seuil des années 1970. A partir des trois dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle, la rapidité accrue des trains conduit à porter un soin tout particulier à l'amélioration des systèmes de fixation des rails, notamment pour la construction des lignes à grande vitesse.

1) Des rails fixés sur des traverses de bois par des tire-fonds

En 1827 débutent les travaux de construction de la voie ferrée Lyon-Saint-Étienne. Dans l'optique de son promoteur, Marc Seguin qui est l'inventeur de la chaudière tubulaire, elle ne constitue qu'un complément par rapport à la voie navigable. Il s'agit de desservir le bassin minier stéphanois afin d'apporter du charbon à l'agglomération lyonnaise. Le transport des marchandises prime sur celui des voyageurs. Les premiers essais s'inspirent des méthodes ferroviaires mises au point dans les mines de charbon avec des rails en fonte disposés sur des plots de même nature, voire des cubes de pierre ou de métal : « Les rails en fonte, arrondis "en ventre de poisson" sur la partie inférieure, avaient

1,14 mètre de longueur et pesaient 23 kilos ; ils reposaient sur des coussinets également en fonte, pesant 3 kilos, espacés de 1,13 mètre et fixés sur des dés en pierre de 30 cm de haut et de côté. » (Jean Falaize, *La vie du rail*, n° 1841, 29 avril 1982). Cependant, ce système se révèle bruyant et peu stable. Rapidement, Marc Seguin ordonne de recourir à des rails en fer fixés sur des traverses de bois. Dans l'idée de conférer à la voie une certaine souplesse, ce choix permet de limiter les secousses du matériel roulant et de diminuer l'usure des roues et de la voie.

En revanche, dans le même temps, la fonte est conservée pour les 67 kilomètres de la voie ferrée d'Andrézieux à Roanne. Cette ligne relève, il est vrai, d'un autre exploitant. D'une longueur de cinq mètres et d'un poids de 65 kilos, ces rails se trouvent maintenus par des coussinets en fonte distants de 83 centimètre et placés sur des pierres de diverses natures : granit, grès, porphyre ou marbre.

Finalement, le procédé de Marc Seguin s'impose jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale : des rails fixés sur des traverses en bois. Des tire-fonds rendent solidaires ces éléments. Espacés d'environ six mètres, des points de dilatation permettent aux rails une libre modification de leur volume en fonction des variations climatiques. Ainsi, lors de l'installation de la voie, un petit espace laissé entre deux rails leur permet-il de bouger. Ce montage nécessite un entretien régulier pour vérifier l'état des rails et de leurs supports. Lors du passage d'un train, cette configuration explique également le bruit caractéristique et régulier à l'endroit de cette rupture entre deux rails.

La traverse de bois offre de nombreux avantages, notamment son poids relativement faible et sa robustesse qui facilitent sa mise en place, sa pose aisée dans les terrains les plus divers et la longévité du matériau. Cette dernière connaît toutefois des différences en fonction de bois parfois moins homogènes que d'autres, des contraintes mécaniques et physiques, ainsi que des altérations biologiques. Ces inconvénients supposent un contrôle et un entretien réguliers. Débitées dans de grosses branches ou des troncs de qualité inférieure, les traverses présentent habituellement une longueur de 2,60 mètres et une section de 26 centimètres par 15. Le charme, le chêne rouvre ou pédonculé, le hêtre, le robinier et l'orme constituent la gamme des essences forestières européennes retenues. Les bois doivent subir un traitement contre les vers, rongeurs et autres insectes nuisibles.

## 2) Attaches élastiques de rails sur traverses de béton

Après une formation reçue à l'école Polytechnique et à l'école des Ponts et chaussées, Edmond Vagneux devient ingénieur en chef à la compagnie des Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée. En 1916, il introduit l'idée de recourir aux qualités du béton

armé pour la pose des rails. Le principe est celui d'une traverse constituée de deux blochets en béton armé liés entre eux par une entretoise métallique. L'innovation se trouve complétée par l'emploi d'un boulon-tirefond, introduit dans une garniture hélicoïdale en métal ou dans une matière isolante, qui offre un ensemble assez résistant aux forces et sollicitations exercées par le passage des trains. En 1924, la première pose de ces matériels nouveaux s'effectue pour la ligne Paris-Lyon. Dans l'entre-deux guerres, les réseaux ferroviaires français demeurent néanmoins essentiellement équipés de traverses en bois.

A l'automne 1937, à l'Usine des ressorts du Nord de Douai (France), l'ingénieur Adolphe Guillerot met au point une attache élastique dénommée crapaud. Recouverte d'une épaisseur de caoutchouc, appelée semelle, elle assure la fixation du rail. Elle est disposée avec une autre en vis-à-vis et serrée par un boulon ancré dans une garniture scellée dans la traverse. A. Guillerot conçoit ainsi un crapaud plus robuste, plus simple et plus facilement réalisable que celui demandé par la Société d'embranchements industriels (SEI).

Malgré son apparence, le crapaud est un ressort. En effet, il s'agit d'une lame de ressort repliée sur elle-même afin de constituer une boucle qui est logée dans une cavité prévue à cet effet sur le dessus de la traverse en béton. L'extrémité supérieure du crapaud repose sur le patin du rail, tandis que l'autre bout, par en dessous, positionne latéralement le rail. Lors de l'installation, il existe un jeu de l'ordre de 3-4 millimètres entre le patin du rail et la partie supérieure du crapaud. Ensuite, à l'issue du serrage de l'écrou, le crapaud exerce, par son extrémité supérieure, une force précise évaluée entre 500 et 800 kilos en fonction des différents modèles. Lorsque le passage d'un train comprime la semelle élastique, cette force ne se trouve guère modifiée. Elle permet d'éviter le cheminement ou le glissement du rail sur la traverse, y compris lors d'importantes radiations du soleil. Le système de fixation par des crapauds exerce une contrainte qui peut être de l'ordre de 12 kg par millimètre carré. Cela contient la dilatation du métal. Ainsi, autrefois prévus, les joints de dilatation ne s'avèrent plus utiles et la soudure des rails d'une manière continue, sans limitation de longueur, devient possible.

L'entretien imparfait du réseau ferroviaire au cours de la crise économique des années 1930 et lors de la Deuxième Guerre mondiale, ainsi que les destructions opérées lors de ce conflit expliquent l'état défectueux du réseau ferroviaire dans de nombreux pays en Europe. En raison de l'ampleur de la remise en état à effectuer, la fabrication de traverses de bois se révèle insuffisante. Aussi, à partir de la période de reconstruction du milieu du XX<sup>e</sup> siècle, le recours à des traverses en béton commence-t-il à devenir plus fréquent.

Après la mise au point des crapauds pour les traverses en béton, l'Usine des ressorts du Nord élabore un système de fixation similaire pour celles en bois. Dénommée griffon, l'attache ne possède pas de branche inférieure. Appliquée dans le bois par un tire-fond, elle se fixe sur la traverse de bois par le biais d'une plaquette ou d'une selle métallique.

Au cours des années 1950, les commandes d'attaches élastiques de la Société nationale des chemins de fer français (SNCF) auprès de la Société d'études ferroviaires (STEDEF), chargée depuis 1953 de commercialiser les productions de l'Usine des ressorts du Nord, montrent d'une manière éloquente, par rapport au nombre de griffons vendus, l'importance des traverses de bois pendant cette période :

#### **Achats d'attaches élastiques par la SNCF auprès de la STEDEF**

	<b>1953</b>	<b>1954</b>	<b>1955</b>	<b>1956</b>
<b>Crapauds</b>	2 154 000	796 000	1 740 940	2 100 000
<b>Griffons</b>	6 357 000	6 100 000	8 588 000	9 758 000
<b>TOTAL</b>	8 511 000	6 896 000	10 328 940	11 858 000

En revanche, l'Iran mise sur les traverses en béton et achète 3 500 000 crapauds en 1955 et 1956, ce qui lui permet d'équiper près de 600 kilomètres de voie ferrée. En Espagne, la firme Echevarria modernise l'équipement ferroviaire de son pays par l'obtention, auprès de l'Usine des ressorts du Nord, d'une licence exclusive d'exploitation d'attaches élastiques effective à partir de 1957. En 1958, l'Union sud-africaine conclut un important marché pour se doter d'attaches élastiques auprès de la STEDEF.

Au seuil des années 1970, après un demi-siècle de rivalités, la pose de traverses en béton l'emporte véritablement sur celles en bois.

### 3) L'équipement des voies à grande vitesse

Au cours des années 1970, la firme Ressorts industrie (nouvelle appellation de l'Usine des ressorts du Nord) poursuit sa production d'attaches élastiques comme les crapauds ou les griffons. Son rayonnement est mondial. Elle équipe les métros d'Atlanta, de Baltimore et de Philadelphie.

Cette entreprise vend des attaches élastiques pour différentes voies ferrées, par exemple celle d'Abidjan à Ouagadougou en Côte-d'Ivoire ou celle de La Junta à El Paso au Mexique. Ressorts industrie équipe aussi des voies sans ballast, notamment pour les voies sous tunnel ou les métros comme celui de Barcelone, où il convient de pallier l'absence des pierres qui assurent une stabilisation de la voie.

Cependant, Ressorts industrie se tourne aussi vers le marché des lignes à grande vitesse. Inaugurée en 1981, celle entre Lyon et Paris utilise exclusivement ses attaches élastiques : soit un total de cinq millions. Commercialisées par la STEDEF (Sociétés d'études ferroviaires), ces éléments de fixation portent ici le nom de nabla. Au milieu des années 1990, STEDEF passe un contrat avec Mitsui, société japonaise de négoce

international. Dès lors, la nabla devient l'attache de référence pour le réseau JR Shikoku qui exploite des voies du type du Shinkansen qui est le train japonais à très grande vitesse.

En 1994, pour la première fois en France, la pose d'une voie d'essai pour le compte de la SNCF est effectuée avec des traverses de béton pré-équipées avec des nables. Accompli en quatre heures, le montage de 1 000 traverses permet d'éviter l'emploi d'une dizaine de personnes. Cela représente un gain de temps et une économie financière de l'ordre de 10 francs français par traverse à l'époque. La livraison de nables pré-montées n'occasionne pas une surcharge de travail préalable significative : « Tout au plus, une ou deux minutes sont consacrées au montage en atelier. » (*Traits d'union – Le journal d'Alleverd*, n° 15, avril 1995, p. 16)

A l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle, la construction de la ligne ferroviaire à grande vitesse de l'Est de la France conduit à recourir, pour la première fois dans ce pays pour un tel type de voie, à un procédé de fixation rapide des rails avec le système d'attache « fast-clip » mécanique et légèrement élastique. Se trouvent ainsi écartées les habituelles attaches élastiques utilisées jusque-là avec leurs boulons. Cela permet un gain de temps lors de la pose et, ainsi, une économie financière. L'attache « fast-clip » rend solidaires rail et traverses, y compris lorsque le passage d'un train conduit le rail à s'enfoncer puis à se relever.

Le train à grande vitesse doit circuler à 320km/h sur cette ligne qui comprend un million de traverses en béton et quatre millions d'attaches « fast clip ». D'une longueur de 400 mètres, les rails sont constitués de cinq barres d'acier de 80 mètres. Ils sont soudés entre eux suivant le principe des « longs rails soudés » (LRS), utilisé depuis un demi-siècle, pour éviter les effets de la dilatation.

La construction d'une voie ferrée représente un travail de longue haleine et son utilisation s'inscrit dans la durée. Il faut prévoir au minimum une vingtaine d'années d'usage de la voie avec le plus faible entretien possible. Il convient ainsi de veiller à différents paramètres lors de la pose de la voie (gain de temps, moindre coût financier, amélioration de la qualité du transport, moindre usure du matériel), tout en considérant des exigences techniques nouvelles (vitesse accrue, augmentation du poids des charges transportées par voie ferrée) afin d'y apporter les réponses adaptées.